

第七章 使用说明

7.0 基本功能号

- 1: 一般 B 样条曲线;
- 8: $k-1$ 阶参数连续 k 次 B 样条闭曲线;
- 9: B 样条曲面。

7.1 B 样条曲线类型选择

B 样条曲线首先划分为一般的 B 样条曲线与特殊的 B 样条曲线, 这里所指特殊的 B 样条曲线特指 $k-1$ 阶参数连续 k 次 B 样条闭曲线。而一般的 B 样条曲线既可构造开曲线, 也可构造闭曲线, 但一般地在相重的首末端点处仅 C^0 连续即位置连续。

然后, 将进入 B 样条曲线的另一种通常的分类方法即按节点矢量划分类型, 见 7.1.3 节。

7.1.1 一般 B 样条曲线

点击菜单“曲线类型选择→一般的 B 样条曲线”, 弹出输入方式选择的次级菜单。若选择“鼠标输入控制顶点”, 单击直接输入点, 右击结束输入; 若选择“键盘输入控制顶点”, 则直接用键盘输入点的坐标值。输完点后, 在弹出的“曲线次数”对话框中再输入曲线的次数, 按“确定”按钮退出, 即生成并显示缺省曲线类型、次数为输入次数的均匀 B 样条曲线。

7.1.2 $k-1$ 阶参数连续 k 次 B 样条闭曲线

单击菜单项, 弹出输入方式选择的次级菜单。若选择“鼠标输入控制顶点”, 单击直接输入点, 右击结束输入; 若选择“键盘输入控制顶点”, 则直接用键盘输入点的坐标值。输完点后, 在弹出的“曲线次数”对话框中再输入曲线的次数, 按“确定”按钮退出, 即生成并显示缺省曲线类型、次数为输入次数的均匀 B 样条曲线。

注意: 本类型 B 样条闭曲线的控制多边形不仅封闭, 而且首末端 k 个顶点依次相重(皮格与蒂勒称之为带包绕的非固支类型, 简称为包绕型 B 样条闭曲线), 用户不必输入相重的顶点, 内部程序将自动完成该项工作。即如果下一个要输入的顶点应是首顶点时, 即可不必输入, 鼠标输入时直接右击退出, 键盘输入时直接按“确定”按钮退出。否则将出错。

7.1.3 按节点矢量转换类型

单击菜单项, 弹出“曲线类型”对话框, 首次显示缺省曲线类型是准均匀 B 样条曲线。再次显示则是当前所用的曲线类型。前述 B 样条曲线可选择六种类型中任何一种, $k-1$ 阶参数连续 k 次 B 样条闭曲线限选均匀 B 样条曲线或一般非均匀 B 样条曲线(哈特利-贾德方法)。选定后, 按“确定”按钮退出, 即生成并显示修改曲线类型后的 B 样条曲线。

当选中前述 B 样条曲线类型中的一般非均匀 B 样条曲线(用户给定)类型时, 将弹出“输入节点矢量”对话框, 要求输入第 0 个节点值, 在右边那个编辑框输入节点值后, 按“确定”按钮, 重又弹出该“输入节点矢量”对话框, 要求输入第 1 个节点值, …… , 直至输完要求的所有节点值。按输入顺序输入的节点序列, 要求非递减, 端节点重复度小于等于次数加 1, 内节点重复度小于等于次数。否则将出错。输完最后一个节点, 按“确定”按钮退出, 即生成并显示由给定控制顶点、次数和输入节点矢量定义的 B 样条曲线。本类型可与其他五种类型中任一种相同, 也可异于其他五种类型, 即只要在数学上成立(节点数等于顶点数加次数, 端节点重复度小于等于次数加 1, 内节点重复度小于等于次数)即可, 所以是最具一般性的一般非均匀 B 样条曲线类型。

7.2 曲线属性操作

7.2.1 修改控制顶点

单击菜单项，弹出“顶点序号”对话框，输入待修改顶点的序号，按“确定”按钮退出后，又弹出“修改顶点坐标”对话框，中间两编辑框中显示的是待修改那个顶点的两个当前坐标值。输入新的坐标值后按“确定”按钮退出，即显示该顶点修改后的位置、控制多边形及形状发生了变化的曲线。

7.2.2 改变曲线次数

单击菜单：“属性操作→改变曲线次数”，弹出“曲线次数”对话框，其中显示的是当前的次数。用户可输入新的次数，按“确定”按钮退出，即生成并显示新次数的 B 样条曲线。可以见到 0 次 B 样条曲线就是控制顶点列，一次 B 样条曲线就是控制多边形。低于 0 次和高于（控制顶点数-1）的次数属错误输入，是不允许的。

7.2.3 显示节点矢量

单击菜单项，在图形区下方显示节点矢量轴和当前曲线所采用的节点矢量，包括相异节点与重复度。

7.2.4 显示 B 样条曲线上的点和导矢

单击菜单项，弹出“输入参数值 u 与导矢阶数”对话框，输入后按“确定”按钮退出，即在节点矢量轴上显示该参数值 u ，并在曲线上显示对应点及其导矢，在导矢矢端显示该导矢的两个坐标分量值。若矢端超出图形区边界，则在该导矢与图形区边界的交点附近显示导矢的两个坐标分量值。若导矢阶数大于次数，则导矢为零矢量，无导矢图形显示。若导矢阶数等于 0，所得 0 阶导矢即曲线上点。

特别地，若输入的参数值 u 为内节点值，则将会弹出“内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右导矢，也可通过单选钮改为点选计算左导矢，则输出左导矢。左右导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于次数、节点重复度与导矢阶数。

7.2.5 显示 B 样条曲线的局部性质 1

单击菜单项，将在节点矢量轴显示参数 $u=0$ 的点和控制多边形首端若干个控制顶点由兰色变成红色，点数等于次数加 1。表示曲线上参数为 0 的点仅与该若干个变色顶点有关，与其他顶点无关。然后，可用单击节点矢量轴上某节点区间内一点，相应控制多边形的顺序若干个控制顶点变色，表示该节点区间所对应的那段曲线仅与这些变色顶点有关，与其他顶点无关。

7.2.6 显示 B 样条曲线的局部性质 2

单击菜单项，任意拖动任意一个控制顶点，则受影响的曲线部分及其定义区间变色。图形区下方节点矢量轴（也即参数轴）上侧显示文字“移动曲线的第 i 个控制顶点至多影响到定义在区间 $[u_i, u_{i+k+1}]$ 上那部分曲线的形状，对曲线的其余部分不发生影响”。

7.2.7 显示曲率

单击菜单项，在图形区右下方显示曲线的相对曲率随参数变化的图形（参数轴为白色，曲率线为红色）。

7.2.8 显示全部 B 样条基函数

单击菜单项，则显示生成当前 B 样条曲线的全部 B 样条基函数。本菜单项必须在点击显示节点矢量菜单项后才可用。显示全部 B 样条基函数后，再次单击本菜单项则显示消失。

7.2.9 显示区间 B 样条基函数

单击菜单项，则显示输入参数值所在区间的 B 样条基函数。本菜单项必须在点击显示节点矢量菜单项和（由参数 u 得到曲线上一点菜单项或 B 样条曲线的导矢菜单项）后才可

用。由后者获得输入参数 u ，从而确定参数 u 所在节点区间。显示该区间 B 样条基函数后，再次单击菜单项，则显示消失。

7.2.10 返回到原 B 样条曲线

单击菜单项，将因属性操作而改变的曲线返回到原来的 B 样条曲线。

7.3 视图操作

对于生成的 B 样条曲线，除可直接用鼠标拖动控制顶点修改曲线的形状外，还可通过视图菜单或工具条中的放大、缩小和还原操作，分别使图形放大、缩小和恢复原来大小。

7.4 右键菜单操作

对于生成的曲线图形，除可直接用鼠标拖动控制顶点修改曲线外，还可以移动鼠标指到某个控制顶点，单击，所指顶点改变颜色，表示选中，右击弹出右键菜单对输入的控制顶点进行添加、删除、修改操作，相应地曲线发生改变。

7.4.1 添加顶点

单击菜单项，在所选点之后，添加一个点。若选择鼠标添加，则单击直接输入需添加的点；若选择键盘输入控制顶点，则在弹出的输入点的坐标值对话框中直接用键盘输入点的坐标值。添加结束，即生成添加新顶点后的曲线。该选项对曲面禁用。

7.4.2 删除顶点

单击菜单项，即可删除选定的那个顶点。删除结束，即生成删除新顶点后的曲线。该选项对曲面禁用。

7.4.3 修改顶点

单击菜单项，弹出输入点的坐标值对话框内，其中显示的是点的当前坐标，用键盘输入修改后点的坐标值。按确定按钮，即显示修改后顶点的新位置及生成的新曲线。

7.5 B 样条曲面类型选择

7.5.1 B 样条曲面

点击菜单“B 样条曲面类型选择→B 样条曲面”，弹出输入方式选择的次级菜单。不管是选择“鼠标输入控制顶点”还是“键盘输入控制顶点”，都将弹出“设置 U 向 V 向控制顶点数”对话框，在输入两个方向顶点数后，按“确定”按钮退出，弹出“输入曲面 U 向 V 向的次数”对话框，输入后，按“确定”按钮退出。若选择“鼠标输入控制顶点”，则屏幕显示三视图视区，即可按照输入的顶点数目在主视图和俯视图中单击依次输入点(通过在两个二维视图中输入点来确定控制顶点的三维坐标)，按 u 向顺序输入；若选择“键盘输入控制顶点”，则在弹出的输入点坐标对话框中直接用键盘输入控制顶点的三维坐标值。输入完按结束按钮，并按确定按钮退出。即生成并显示所输入顶点和次数定义的 B 样条曲面的三视图，且在右下方的第四视区显示 U 向、 V 向节点矢量。

7.5.2 按节点矢量转换类型

单击菜单项，将弹出“选择曲面 U 向 V 向的类型”对话框，其中显示的是按 U 向、 V 向节点矢量分类的各五种曲面类型。缺省为准均匀 B 样条类型。可不予改变，也可在选择新类型， U 向、 V 向类型可相同，也可不同。选定后，按“确定”按钮退出，则生成并显示所选类型下的 B 样条曲面三视图及第四视区的 U 向、 V 向节点矢量。

7.6 曲面属性操作

7.6.1 修改曲面控制顶点

单击菜单项，将弹出“输入曲面控制顶点序号”对话框，都从 0 开始，输入后，按“确定”按钮，又弹出“输入控制顶点的坐标值”对话框，编辑框中显示的是由输入曲面控制顶

点序号指定的那个顶点的当前三坐标值。可不予改变，也可输入新坐标值，然后，按“确定”按钮退出，则生成并显示该顶点修改后的 B 样条曲面。

7.6.2 改变曲面次数

单击菜单项，将弹出“输入曲面 v 向 u 向的次数”对话框，编辑框中显示的是当前的次数，可不予改变，也可输入新次数，按“确定”按钮退出，则生成并显示该所输入次数的 B 样条曲面。

7.6.3 计算显示/隐藏曲面上点和偏导矢

在显示曲面三视图的情况下，点击本菜单项，弹出“输入 U 、 V 参数与偏导矢阶数”对话框，输入 U 、 V 参数值与两偏导矢阶数后，按“确定”按钮退出，即分别在 U 、 V 节点矢量轴上显示 U 、 V 参数值，并在曲面上显示对应点及其偏导矢，在偏导矢矢端显示该偏导矢的三个坐标分量值。若矢端超出图形区边界，则在该偏导矢与图形区边界的交点附近显示导矢的三个坐标分量值。若某一偏导矢阶数大于次数，则得偏导矢为零矢量，无导矢图形显示。若两偏导矢阶数都等于 0，所得偏导矢即曲面上点。

在显示曲面偏导矢后，若再单击本菜单项，则显示隐藏或者说消失。

特别地，若输入的两个参数值之一的 U 参数值，为 U 内节点值，另一个 V 参数值非 V 内节点值，则将会弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 u 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 u 偏导矢”，则输出左 u 偏导矢。左右 u 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 U 参数次数、该 U 内节点重复度与 u 偏导矢阶数。类似地若输入的两个参数值之一的 V 参数值，为 V 内节点值，另一个 U 参数值非 U 内节点值，则将会弹出“ V 内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 v 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 v 偏导矢”，则输出左 v 偏导矢。左右 v 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 V 参数次数、该 V 内节点重复度与 v 偏导矢阶数。若输入的 U 、 V 两个参数值分别是 U 、 V 内节点值，则将先弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，后弹出“ V 内节点值导矢选择”对话框，将有四种选择组合，计算输出将是右 u 右 v 、左 u 左 v 、右 u 左 v 、左 u 右 v 四种偏导矢之一。

7.6.4 显示曲面投影图

如果当前显示的是曲面的三视图，单击菜单项，将弹出“选择显示曲面投影图”对话框，可在其中的复选框勾选或去选显示曲面控制网格，然后按“确定”按钮退出，将转而显示曲面的投影图。图形区左上角小坐标系将同时显示曲面所在当前的三坐标轴取向。这时可点选顶层菜单下一行工具条中的四个箭头表示的旋转按钮和三个小放大镜表示的缩放按钮，也可点击顶层菜单弹出的次级菜单选项，进行视图操作。

如果三视图因故不能正常显示，可单击菜单项，显示投影图，再点击返回曲面三视图，即可重新显示三视图。

7.6.5 返回曲面三视图

如果当前显示的是曲面的投影图，单击菜单项，将返回到显示原曲面三视图。

7.6.6 鼠标拖动修改曲面形状

这是在菜单项中未列出的一项属性操作，因此不必单击菜单即可进行。

对生成的 B 样条曲面，可移动鼠标指到某个希望移动的控制顶点，按住鼠标左键，移动鼠标，即可拖动该顶点，曲面形状随之发生变化，直至拖动到某个希望的位置松开鼠标为止。

7.7 视图操作

对于生成的 B 样条曲面三视图，除可直接用鼠标左键拖动控制顶点修改曲面的形状外，还可通过视图菜单或工具条中的放大、缩小和还原操作，分别使图形放大、缩小和恢复原来

大小。对于曲面投影图，还能进行左旋、右旋、上旋、下旋操作。

7.8 右键菜单操作

对于生成的曲线曲面图形，除可直接用鼠标左键拖动控制顶点修改曲线曲面外，还可以移动鼠标指到某个控制顶点，单击，所指顶点改变颜色或略微颤动，表示选中，再右击，弹出右键菜单对所指的控制顶点进行添加、删除、修改操作，相应地曲线曲面发生改变。

7.8.1 添加顶点或数据点

单击菜单项，在所选顶点之后，添加一个点。若选择“鼠标添加”，单击直接输入需添加的点；若选择“键盘输入”，则在弹出的“输入点的坐标值”对话框中直接用键盘输入点的坐标值。添加结束，即生成添加该顶点后的曲线。该选项对曲面禁用。

7.8.2 删除顶点或数据点

单击菜单项，即可用删除鼠标所指的那个顶点。删除结束，即生成删除该顶点后的曲线。该选项对曲面禁用。

7.8.3 修改顶点或数据点

单击菜单项，弹出“输入点的坐标值”对话框内，其中显示的是点的当前坐标，用键盘输入修改后点的坐标值。按“确定”按钮退出，即显示修改后顶点的新位置及生成的新曲线及其控制多边形或新曲面及其控制网格。